

0-779701

На правах рукописи

*Бойченко* —

**Бойченко Татьяна Валерьевна**

**ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА  
МОРСКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ**

03.00.16 – экология

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук**

**Владивосток  
2009**

Работа выполнена на кафедре общей экологии  
Дальневосточного государственного университета МОН РФ

Научный руководитель:

доктор биологических наук, профессор  
Бузолева Любовь Степановна

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор  
Пшеничников Борис Фёдорович

кандидат медицинских наук  
Кузнецова Наталья Анатольевна

Ведущая организация:

ФГУП Тихоокеанский институт рыбного  
хозяйства и океанографии (ТИНРО – Центр),  
г. Владивосток

Защита состоится «12» декабря 2009 г. в 12<sup>30</sup> на заседании диссертационного совета Д 212.056.02  
при Дальневосточном государственном университете МОН РФ по адресу:

690091, г. Владивосток, ул. Октябрьская 27, ауд. 435

Телефон: (4232) 45-77-79

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 690091, . Владивосток, ул. Октябрьская 27,  
ком. 417, кафедра общей экологии

Факс; (4232)45-94-09

e-mail: [marineecology@rambler.ru](mailto:marineecology@rambler.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Дальневосточного государственного  
университета.

Автореферат разослан «11» ноября 2009 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

кандидат биологических наук

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000621083

Ю.А. Гальшева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Прибрежная зона моря, являющаяся местом преимущественной концентрации человеческой деятельности и принимающая большое количество стоков и отходов, нуждается в постоянном контроле содержания загрязняющих веществ и изменения основных параметров среды, вызванного антропогенным воздействием. Для прибрежных морских вод, активно используемых в хозяйственной деятельности населения береговых районов, характерна самая высокая загрязненность одновременно разными поллютантами (нефтеуглеводороды, фенолы, тяжелые металлы и др.) (Ткалин, 1987, 1988; Цыбань и др., 1990; Димитриева, 1999; и др.). Активное использование прибрежных зон в рекреационных целях вызывает появление в морской среде большого количества санитарно-показательных микроорганизмов, которые оказывают влияние не только на морские микробные сообщества, но и представляют опасность для здоровья людей (Бузолёва, 2008). Проведение микробиологического мониторинга в экологически неблагополучных районах перспективно для оценки состояния среды, а также экологического картирования загрязнения прибрежных зон (Цыбань и др., 1990; Калитина, 2006 и др.).

Начиная 1980-х годов, в прибрежных акваториях Приморья, в первую очередь в заливе Петра Великого, ведется мониторинг качества среды с использованием организмов-индикаторов: беспозвоночных (Христофорова, 1989; Чернова и др., 1989; Кавун, 1990; Христофорова и др., 1993; Чернова, Христофорова, 2004), бурых водорослей (Коженкова, 1999; Христофорова, Коженкова, 2000; Чернова и др., 2002; Шулькин и др., 2003; Khristoforova and Kozhenkova 2002), рыб (Чернова, Кавун, 2000; Марченко и др., 2006). Отдельно и параллельно для оценки качества среды регулярно проводится гидрохимический анализ (Христофорова и др. 2002; Рачков, 2002). Наибольшее внимание исследователей в 1980-е гг. привлекали загрязнённые районы, в первую очередь заливы Амурский и Находка, б. Рудная на севере Приморского края, испытывавшие наибольший техногенный пресс. С 1990-х гг. получил развитие микробиологический контроль загрязнения вод, что было обусловлено изменением экологической ситуации в регионе. В связи со спадом промышленного производства заметно снизился техногенный пресс и поступление промышленных стоков, но возрос сброс хозяйственно-бытовых, или коммунальных, сточных вод (Нигматулина, 2008), т.е. поступление органических веществ. Наиболее объективно об органическом загрязнении и его сезонном изменении можно судить по таким кислородным показателям, как растворённый кислород, БПК<sub>5</sub>, перманганатная окисляемость, а также по содержанию в воде минерального и органического фосфора. Наблюдение за санитарно-микробиологическим состоянием вод осуществляется государственными службами мониторинга, но выполняется по крайне сокращённой программе, что не позволяет более полно охарактеризовать экологическое состояние среды.

В эти же годы возрос интерес к слабо загрязненным акваториям (заливы Восток, Посыета, б. Киевка и др.), обусловленный как научными, так и коммерческими целями.

Однако ни в 90-е, ни в 2000-е гг. практически не было работ, где бы одновременно проводились гидрохимические и микробиологические исследования, что позволило бы получить более полную картину характера и уровня загрязнения морских прибрежных вод, испытывающих высокое антропогенное воздействие.

В связи с этим **целью** работы было охарактеризовать отдельные морские акватории южного Приморья как с минимальным антропогенным воздействием, так с интенсивным хозяйственно-бытовым и техногенным прессом, используя комплексный подход - химико-экологический и микробиологический контроль.

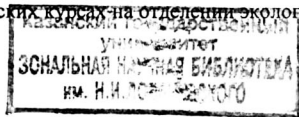
Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

1. Провести комплексную оценку состояния водной среды акваторий с минимальным антропогенным прессом, различающихся природными условиями и историей освоения (юго-западная часть залива Петра Великого, зал. Восток и б. Киевка).
2. Оценить качество среды в акваториях с интенсивным антропогенным воздействием (заливы Амурский и Находка).
3. Провести сравнительный анализ состояния среды изученных акваторий.
4. Выявить корреляционные связи между химическими и микробиологическими показателями.

**Научная новизна.** Впервые для ряда экономически важных и особо охраняемых акваторий Японского моря использован комплексный химико-экологический и микробиологический подход, позволивший оценить характер и уровень загрязнения поверхностных морских вод южного Приморья, выявляющий направленность хозяйственного использования этих районов. Химико-экологические и микробиологические показатели фоновых районов отличаются в зависимости от интенсивности их освоения человеком и природной специфики.

Возрастание численности эколого-трофических групп микроорганизмов в поверхностных водах южного Приморья на один - два порядка, произошедшее за несколько лет (юго-западная часть залива Петра Великого - 7 лет, Амурский залив - 11 лет, залив Восток - 3 года), свидетельствует о росте органического загрязнения акваторий.

**Практическая значимость.** Комплексный подход, использованный в данной работе, позволил получить информацию о состоянии среды и изменении экологической ситуации в отдельных акваториях южного Приморья и их способности к самовосстановлению. Такой подход является перспективным для мониторинга качества среды, степени и характера загрязнения, как фоновых районов, так и акваторий, испытывающих различный уровень антропогенного пресса, без применения дорогостоящих и сложных методов. Материалы диссертации используются в различных экологических курсах на отделении экологии Академии экологии морской биологии и





биотехнологии ДВГУ. Результаты исследования могут служить отправной точкой для регулярного регионального мониторинга.

**Защищаемые положения:**

Комплексный подход, включающий химико-экологический и микробиологический контроль, позволяет выявить специфику и степень органического загрязнения акваторий, испытывающих различный уровень антропогенного пресса.

За последние годы (3-11 лет), в связи с органическим загрязнением отдельных акваторий южного Приморья численность эколого-трофических групп микроорганизмов в поверхностных водах возросла на один - два порядка величин.

**Апробация результатов диссертации.** Работа докладывалась на: VII Региональной конференции по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии студентов, аспирантов, молодых преподавателей и сотрудников вузов и научных организаций Дальнего Востока России (Владивосток, 2004); Второй международной микробиологической школе «Микробиологические методы в экологических исследованиях» (Владивосток, 2004); международной научно-практической конференции «Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий» (Владивосток, 2006); Второй Сахалинской молодёжной научной школе «Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз» (Южно-Сахалинск, 2007); а также представлялась на: 2-ом Байкальском Микробиологическом Симпозиуме с международным участием «Микроорганизмы в экосистемах озёр, рек, водохранилищ» (Иркутск, 2007); научно-практической конференции «Современное состояние водных биоресурсов», посвященной 70-летию С.М. Коновалова (Владивосток, 2008); работа докладывалась и обсуждалась на научных семинарах кафедры общей экологии ДВГУ.

**Публикации.** Список публикаций включает 7 работ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения; обзора литературы, посвящённого состоянию изученности качества среды морских акваторий с разной степенью антропогенного и техногенного пресса; главы, описывающей район работ, использованные материалы и методы; трех экспериментальных глав с изложением результатов и их обсуждения; выводов; списка литературы, который включает 209 источников, в том числе 42 иностранных, а также 13 приложений. Диссертация изложена на 150 стр., иллюстрирована 25 рисунками и 17 таблицами.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д.б.н. проф. Л.С. Бузолёвой за постановку задачи, предоставление возможности её реализации, за помощь и поддержку в работе, д.б.н., проф. Н.К. Христофоровой за научные консультации, неизменный интерес к работе и постоянную поддержку. Автор признателен доценту Ю.А.

Галышевой за понимание и дружеское участие, сотрудникам коллектива кафедры общей экологии за предоставленные данные химических анализов, всестороннюю помощь и поддержку.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Загрязнение прибрежных морских вод в условиях возрастающего антропогенного воздействия (обзор литературы)

В главе приведены данные литературы последних лет, характеризующие экологическое состояние прибрежных морских вод залива Петра Великого. Дана классификация и источники поступления загрязняющих веществ в морские воды, рассмотрено применение основных химико-экологических показателей для оценки качества водной среды и возможности использования микроорганизмов как индикаторов загрязнения морских вод.

### Глава 2. Район работ. Материалы и методы

Для проведения исследования были выбраны районы с минимальной антропогенной нагрузкой (бухта Киевка, залив Восток, юго-западная часть залива Петра Великого) и районы с интенсивным хозяйственно-бытовым и техногенным прессом – заливы Амурский и Находка.

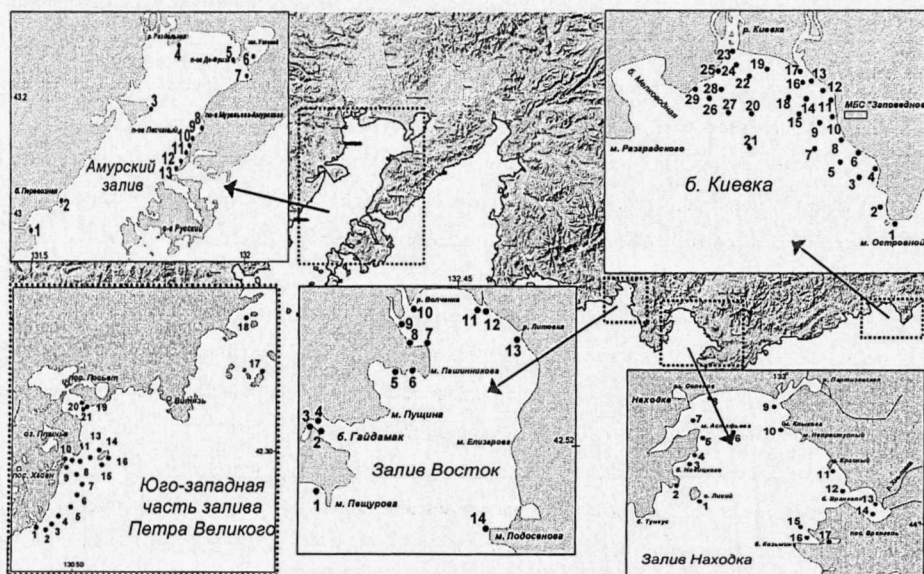


Рис. 1. Карта-схема районов работ

**Отбор проб.** Пробы воды отбирали в юго-западной части залива Петра Великого и южном участке Дальневосточного биосферного государственного морского заповедника в течение двух экспедиций на НИС «Профессор Насонов» (август и октябрь 2003 г.), заливах Восток и Находка в

течение трёх комплексных съёмок (май, июль и октябрь 2004 г.), б. Киевка в 2005-2006 гг. в мае, августе и октябре (6 съёмок) и Амурском заливе в апреле, июле и октябре 2007г. Привязку станций осуществляли при помощи спутниковой системы GPS 12XL (Garmin, U.S.A.). За время проведения работ всего отобрано 762 пробы морской воды и выполнено 4156 гидрохимических определений и микробиологических посевов. Отбор проб для микробиологического анализа производили одновременно с гидрохимическим опробованием из поверхностного слоя воды (15 – 20 см) в стерильные пластиковые шприцы объемом 20 мл. Для химического анализа пробы воды отбирали в стеклянную посуду и пластиковые ёмкости. Одновременно учитывали температуру поверхностного слоя воды. Пробы анализировали непосредственно после доставки в лабораторию.

**Среды и условия культивирования бактерий.** Учет наиболее вероятной численности гетеротрофной микрофлоры проводили на питательной среде для морских микроорганизмов - СММ с добавлением 1,5% агара (Youchimizu, Kimura, 1976), численность энтеробактерий оценивали на среде Эндо (Егоров, 1983), при этом учитывали грамотрицательные каталазоположительные и оксидазоотрицательные изоляты. Нефтеуглеводородокисляющую и фенолоокисляющую микрофлору оценивали в жидкой селективной среде МКД (морская калиево-дрожжевая среда) (Динамика экосистем..., 2000), содержащей в качестве единственного источника углерода поллютанты: нефть, дизельное топливо и фенол в концентрациях 0,1%. Для определения численности бактерий – липолитиков, использовали среду Селибера с добавлением оливкового масла 0,1%.

**Методы исследования.** Концентрацию растворённого кислорода и биологическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>) определяли методом Винклера (Методы..., 1988); точность определения – 0,05 мгО<sub>2</sub>/л.

Перманганатную окисляемость (ПО) морской воды в нейтральной среде определяли по методу Б.А. Скопинцева, окисляя присутствующие в пробе органические вещества определенным объемом раствора перманганата калия с заданной концентрацией (0,01 моль/л экв.) при кипячении в течение 10 мин (Шишкина, 1974).

Для определения содержания фосфатов использовали колориметрический метод Морфи-Райли, основанный на образовании фосфорно-молибденового комплекса, окрашиваемого при восстановлении аскорбиновой кислотой в синий цвет. Общий фосфор определяли после окисления пробы персульфатом аммония (Руководство..., 1977). Содержание органических соединений фосфора находили по разнице между его общим количеством и концентрацией ортофосфатов.

Методом предельных разведений определяли численность нефтеокисляющих (НО), окисляющих дизельное топливо (ДТ), фенолоокисляющих (ФД), а также липолитических (Л)

бактерий (Методы общей..., 1984). Количество гетеротрофных микроорганизмов (КГМ) и бактерий группы кишечной палочки (БГКП) определяли методом последовательных разведений (Егоров, 1983).

Полученные данные подвергали стандартной статистической обработке: определяли среднее арифметическое и ошибку среднего. Проводили корреляционный анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Глава 3. Акватории с минимальным антропогенным прессом

**Юго-запад залива Петра Великого.** Для изучения состава сообщества гетеротрофных микроорганизмов необходимо было охарактеризовать среду их обитания по гидрохимическим показателям. На основании значений ПО (10,82 мг О/л) наибольшее содержание трудно окисляемых органических загрязняющих веществ выявлено в предустье р. Туманной. При этом следует отметить, что даже при небольшом удалении от устья этот уровень снижался вдвое, а значительно мористее – соответствовал норме, и воды квалифицировались как чистые (рис. 2). Установленные значения  $P_{\text{общ}}$  в летне-осенний период в целом характеризовали воды юго-западной части залива Петра Великого как мезотрофные, за исключением б. Миноносок, воды которой можно отнести к классу эвтрофных (Перечень..., 1999). К осени, по сравнению с летом, происходило увеличение минерального фосфора и уменьшение органического (Бабиц, Бузолёва, 2006).

Кислородный режим в исследуемом районе был удовлетворительным. Изменение содержания  $O_2$  соответствовало характеру сезонных колебаний для акватории зал. Петра Великого. Летом этот показатель был наименьшим, осенью происходило увеличение содержания кислорода в воде. По значениям БПК<sub>5</sub> воды данного района квалифицировались как чистые.

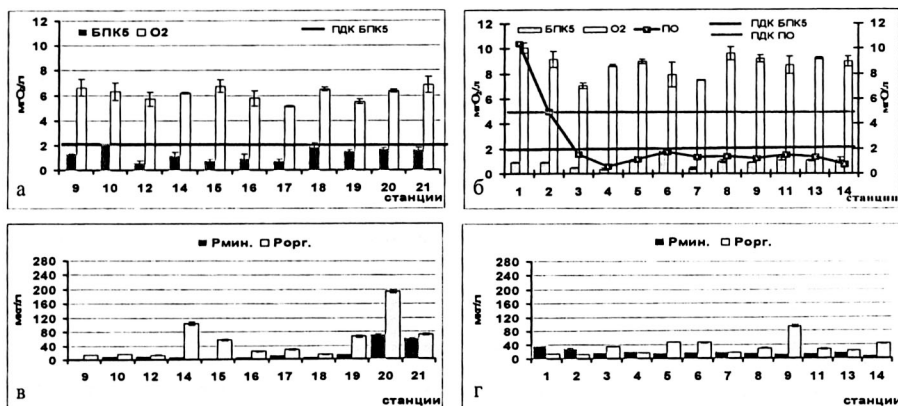


Рис. 2. Распределение химико-экологических показателей в поверхностных водах юго-западной части залива Петра Великого в различные сезоны 2003 г. (а, в – август, б, г – октябрь).

Изучение динамики численности отдельных индикаторных групп микроорганизмов в районе устья р. Туманной и на южном участке морского заповедника показало, что река оказывает доминирующее влияние на характер и степень загрязнения вод в этой части залива.

При анализе численности гетеротрофных микроорганизмов выявлено, что в пробах воды большинства станций их количество достаточно высоко и достигает  $10^5$ - $10^8$  КОЕ/мл, что указывает на высокий уровень органического загрязнения вод (рис.3) и позволяет квалифицировать их как мезо- и полисапробные (Общая и санитарная..., 2004). При этом воды приустьевой зоны реки в отношении органического загрязнения можно отнести к категории полисапробных или грязных (Гусева и др., 2000), а районы значительно мористее - к категории мезосапробных. Следовательно, устьевая зона является наиболее загрязнённой органическими веществами на юго-западе залива Петра Великого, что подтверждается и данными по перманганатной окисляемости. Найденные нами значения численности гетеротрофных микроорганизмов, на два порядка величин превосходят показатели, зарегистрированные в этом же районе в 1996-1998 гг. (Димитриева 1999), что свидетельствует о росте органического загрязнения.

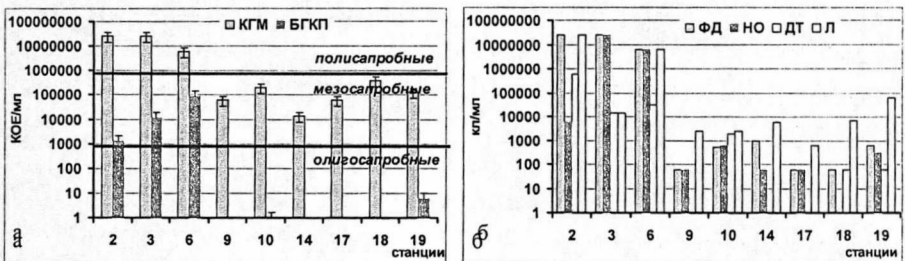


Рис. 3. Распределение численности эколого-трофических групп микроорганизмов в поверхностных водах юго-западной части зал. Петра Великого (август 2003 г.)

Для определения характера органического загрязнения анализировали численность таких эколого-трофических групп, как БГКП, фенол- нефте- и дизельное топливо окисляющие микроорганизмы. По численности этих групп ( $10^4$ ,  $10^7$ ,  $10^7$ ,  $10^4$  кл/мл соответственно) видно, что приустьевая зона реки подвержена мощному смешанному загрязнению как хозяйственно-бытовыми, так и промышленными стоками. Такая высокая численность всех групп микроорганизмов обусловлена наличием обилия органического питания и достаточным количеством растворённого кислорода, которые, как известно, стимулируют размножение гетеротрофных бактерий. Так как с Российской стороны р. Туманная (левый рукав) не является судоходной и на ее берегах отсутствуют населённые пункты, то можно предположить, что основное загрязнение поступает с водами правого рукава реки, расположенного на территории КНР, являющегося основным поставщиком загрязнения в юго-западную часть залива. Однако

эти показатели изменяются в сторону значительного улучшения с удалением от устья реки в мористую часть.

**Залив Восток.** В зал. Восток исследовали преимущественно участки акватории, подверженные хозяйственной деятельности человека. В целом кислородный режим в заливе можно оценить как удовлетворительный. Изменение содержания растворённого кислорода соответствовало характеру сезонных колебаний. За все исследуемые сезоны уровень содержания  $O_2$  не опускался ниже нормы.

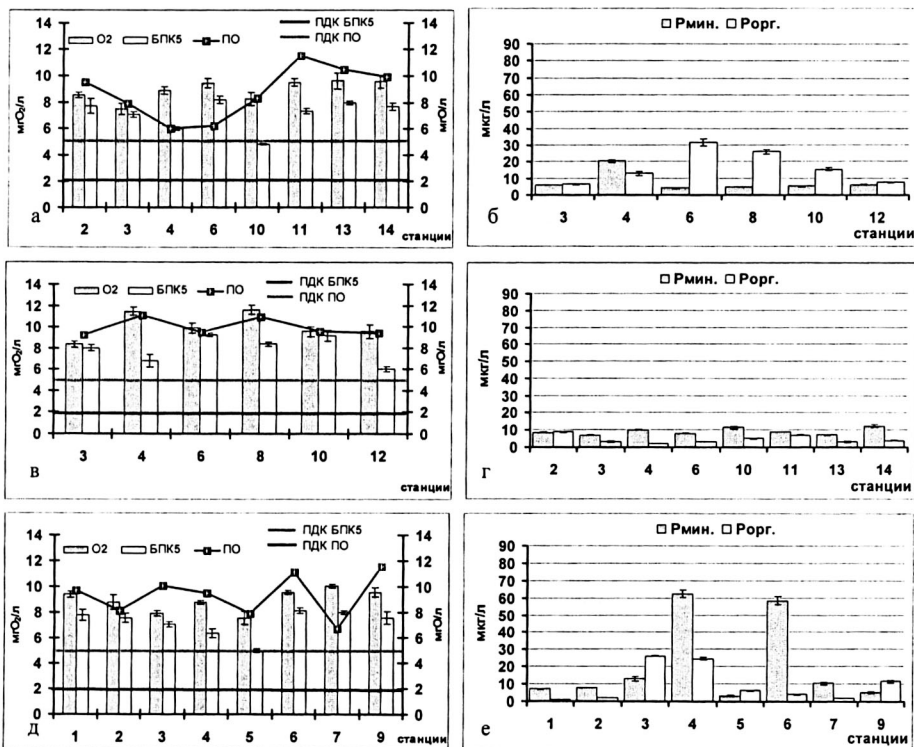


Рис. 4. Распределение химико-экологических показателей в поверхностных водах зал. Восток в различные сезоны 2004 г. (а, б - май, в, г - июль, д, е - октябрь).

Максимальные значения  $BPK_5$  были отмечены летом во всех районах залива (рис. 4). При этом наибольшие величины этого показателя наблюдались в б. Средняя и в устье р. Литовка (8 и 7,9  $mgO_2/l$ ), что позволяет квалифицировать эти воды как загрязнённые легкоокисляемой органикой. Весной и осенью значения  $BPK_5$  заметно снижались. В весенний период ПДК ПО было превышено более чем в 2 раза в предустье Волчанецкой протоки, бухтах Тихая Заводь и

Гайдамак. В последующие сезоны превышение ПДК ПО наблюдалось в районе хронического загрязнения в б. Гайдамак, а также вблизи устьев рек.

Несмотря на то, что количество фосфатов в воде было невелико (рис. 4), сезонные изменения их содержания в разных районах зал. Восток были весьма заметны. В большинстве случаев максимальные величины установлены для осеннего периода.

Численность гетеротрофных микроорганизмов в летний период составляла  $10^4$ - $10^5$  КОЕ/мл, что позволило отнести воды зал. Восток к категории загрязнённых и грязных (Гусева и др., 2000), что подтверждается и данными по величинам ПО и БПК<sub>5</sub>. Весной и осенью численность гетеротрофов значительно снижалась (рис. 5) (Бабич, Бузолёва, 2006).

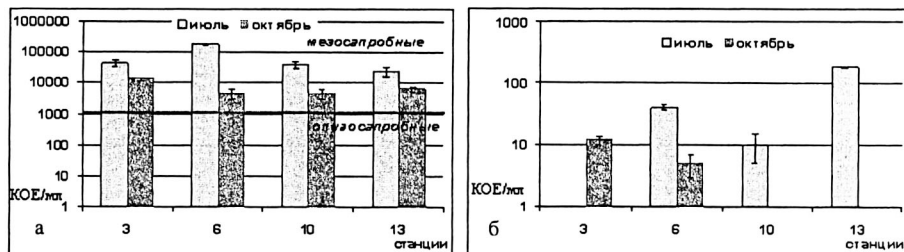


Рис. 5. Распределение численности: а – ГМ, б - БГКП в поверхностных водах зал. Восток (июль, октябрь 2004 г.)

В водах зал. Восток отмечено высокое содержание БГКП, свидетельствующих о коммунально-бытовом загрязнении, которое в весенне-летний сезон превышало допустимый уровень (Сан-ПиН 2.1.5.980-00). Наибольшее их количество было зарегистрировано вблизи жилых посёлков. К осени антропогенный пресс снижался, численность БГКП практически на всех станциях соответствовала норме. В целом, микробиологическая индикация качества поверхностных вод зал. Восток позволила выявить нарушение допустимых санитарных и экологических норм по некоторым параметрам: в б. Гайдамак регистрировалась высокая численность бактерий-деструкторов нефтепродуктов, в кутовой части залива в месте впадения р. Волчанка отмечалось максимальное количество всех эколого-трофических групп микроорганизмов (рис. 6), в летнее время здесь наблюдалось превышение допустимого уровня численности бактерий группы кишечной палочки.

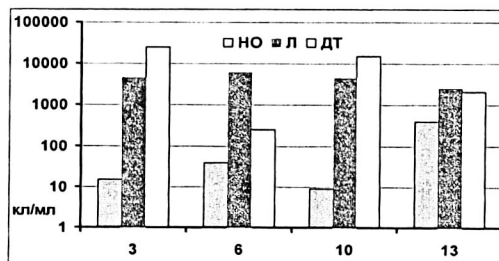


Рис. 6. Распределение численности эколого-трофических групп микроорганизмов в поверхностных водах зал. Восток (июль 2004 г.)

**Бухта Киевка.** За все сезоны наблюдения содержание кислорода отвечало установленному нормативу для морских вод. Максимальные концентрации  $O_2$  зафиксированы весной и осенью. В целом отмечено равномерное распределение кислорода по станциям (рис. 7).

Показатель БПК<sub>5</sub> в поверхностных водах бухты не превышал допустимого уровня. Весенние значения БПК<sub>5</sub> были выше летних в большинстве районов бухты. К осени во всех районах биохимическое потребление кислорода снижалось, свидетельствуя о повсеместном угасании метаболизма организмов и выделении в воду продуктов жизнедеятельности.

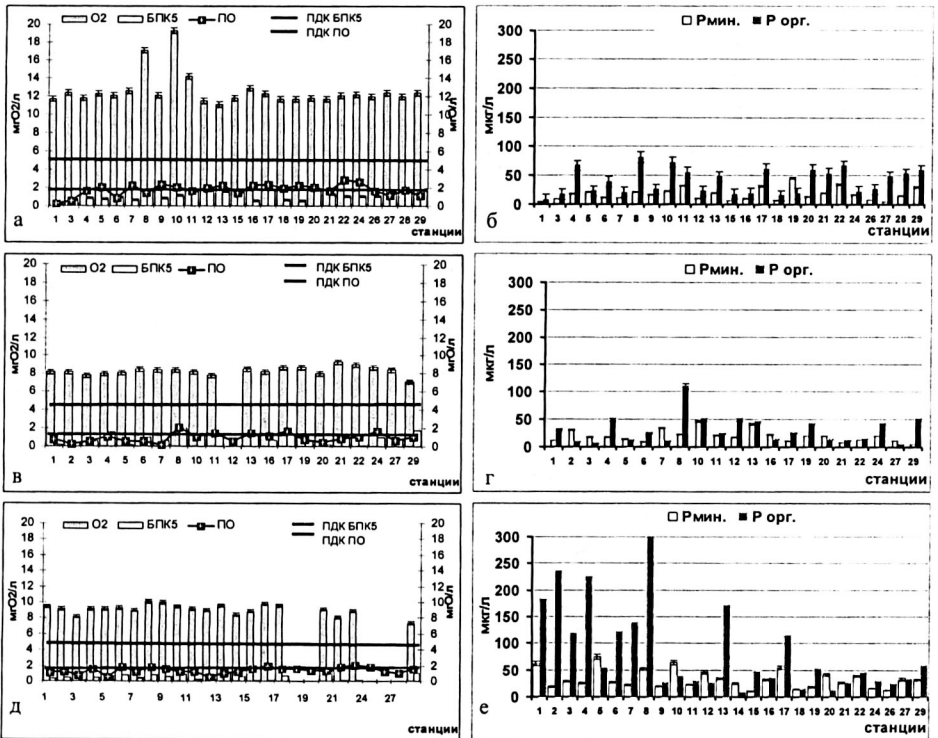


Рис. 7. Распределение химико-экологических показателей в поверхностных водах бухты Киевка в различные сезоны в 2006 г (а, б - май, в, г - август, д, е - октябрь).

Перманганатная окисляемость изменялась в пределах от 0,5 до 4,8 мг  $O$ /л, также не превышая ПДК для рыбохозяйственных водоемов (Перечень..., 1999) (рис. 7).

По содержанию фосфатов в весенний и летний сезон воды б. Киевка характеризуются как олиготрофные (Перечень..., 1999), осенью в результате завершения деструкции большей части макрофитов, высвобождения фосфорных соединений и минерализации их микроорганизмами



концентрация фосфатов в среде заметно увеличивается, переводя воды б. Києва в категорию мезотрофных (рис. 7) (Галышева и др., 2008)

Микробная индикация поверхностных вод б. Києва также свидетельствует об общей средней сапробности вод. Численность гетеротрофов в водах большинства станций была невысокой ( $10\text{--}10^3$  КОЕ/мл), но в летний период достигала  $10^5$  КОЕ/мл (рис. 8). В очень малых количествах регистрировались нефте- и фенолокисляющие микроорганизмы.

Численность БГКП, выявленных на четырех станциях (завод ТИНРО, пирс, оба рукава устья реки), заметно превышала нормативный уровень.

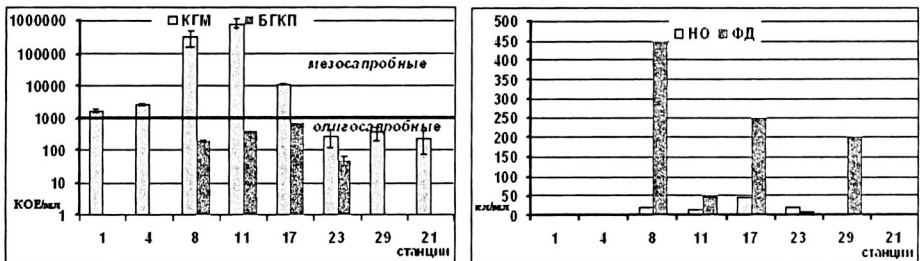


Рис. 8. Распределение численности эколого-трофических групп микроорганизмов в поверхностных водах б. Києва (август 2006 г.)

В 2006 г. количество БГКП, по сравнению с 2005 г. увеличилось почти в 1,5 раза, что, несомненно, обусловлено более высокими температурами воды (2006 год был существенно более тёплым, чем 2005-й) (Галышева и др., 2008). Кроме того, причиной возрастания численности БГКП, является рост рекреационной нагрузки, а, именно, относительной плотности туристов на единицу площади побережья бухты, что подтверждается ежегодными наблюдениями в течение летних сезонов с 2004 по 2006 гг. (рис. 9).

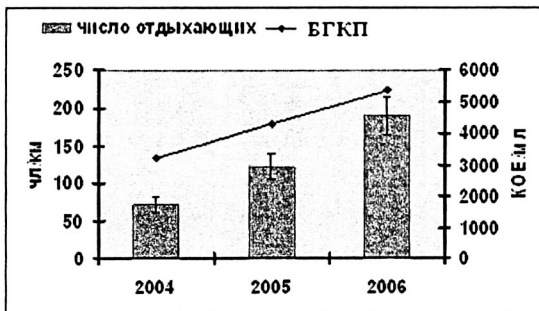


Рис. 9. Влияние рекреационной нагрузки на численность БГКП

На основании микробиологических данных самыми чистыми районами в б. Києва можно считать м. Островной и выход из бухты, где отсутствует техногенное и фекальное загрязнение.

Именно эти станции при микробной индикации можно использовать как фоновые для данной бухты и акваторий подобного типа.

### Акватории с интенсивным коммунально-бытовым и техногенным воздействием

**Залив Находка.** Концентрация растворённого кислорода в весенний период отвечала установленному нормативу для морских вод (рис. 10). Однако летом в заливе образуются участки, где уровень  $O_2$  снижается ниже допустимой нормы - угольный пирс в б. Врангеля и б. Мусатова (5,31 и 5,67 мг/л, соответственно).

Значения БПК<sub>5</sub> во все исследуемые периоды года велики и во всех районах залива превышали допустимый уровень. Лишь в мае на трёх станциях значения БПК<sub>5</sub> были низкими, соответствуя умеренно загрязнённым водам.

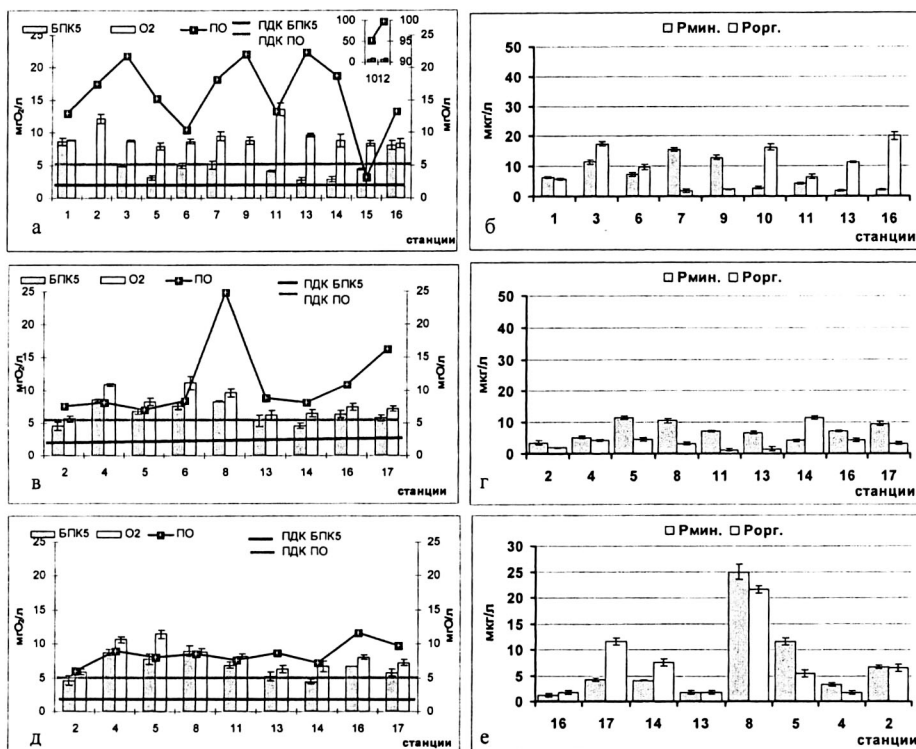


Рис. 10. Распределение химико-экологических показателей в поверхностных водах зал. Находка в различные сезоны в 2004 г. (а, б - май, в, г - июль, д, е - октябрь).

Величины ПО были высокими во все сезоны наблюдения. Максимальные значения этого показателя были зафиксированы в весенний период, в среднем превышая допустимый уровень в 6 раз.

Содержание органических соединений фосфора подтвердило это - максимальные значения  $P_{орг.}$  регистрировались также в весенний период (рис. 10), летом же их концентрации уменьшались. В октябре, в связи с началом процессов деструкции и минерализации отмерших макрофитов, содержание  $P_{орг.}$  снижалось,  $P_{мин.}$  – возрастало.

Полученные гидрохимические показатели, характеризующие неблагоприятную экологическую ситуацию в этом районе, были подтверждены микробиологическими данными. Численность гетеротрофных микроорганизмов (рис. 11) на большинстве станций бала достаточно высокой ( $10^5 - 10^7$  КОЕ/мл). В целом, воды всех обследованных станций залива характеризуются как мезосапробные, а в летний период - как полисапробные. В октябре численность гетеротрофных бактерий снижается на 1-2 порядка величин.

В зал. Находка также регистрировались высокие показатели численности следующих эколого-трофических групп микроорганизмов: БГКП (коммунально-бытовое загрязнение), деструкторы нефти и дизельного топлива (показатели влияния техногенного пресса). Наиболее загрязненными районами залива являются акватории, примыкающие к городу Находка, а также бухты Козьмино и Читувай.

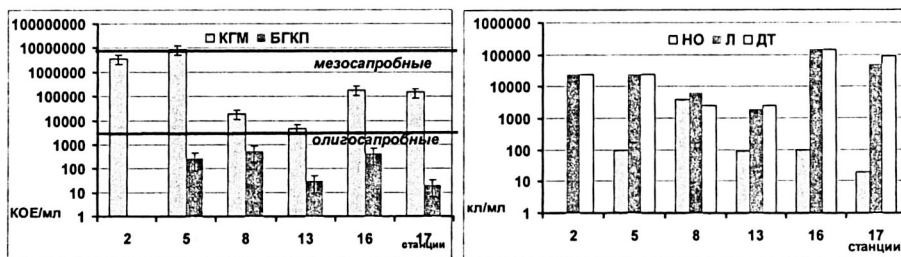


Рис. 11. Распределение численности эколого-трофических групп микроорганизмов в поверхностных водах зал. Находка (июль 2004 г.)

**Амурский залив.** Изменение содержания растворённого кислорода в водах этой акватории, как и везде, соответствовало характеру сезонных колебаний. Максимальные концентрации кислорода отмечены для весны и осени, летом содержание  $O_2$  снижалось, но практически на всех станциях соответствовало нормативу для морских вод. Исключением являлось предустье Второй речки, где концентрация растворенного кислорода летом составляла  $4 \text{ мг} O_2/\text{л}$ , что позволяет отнести эти воды к классу загрязнённые (рис. 12) (Гусева и др., 2000).

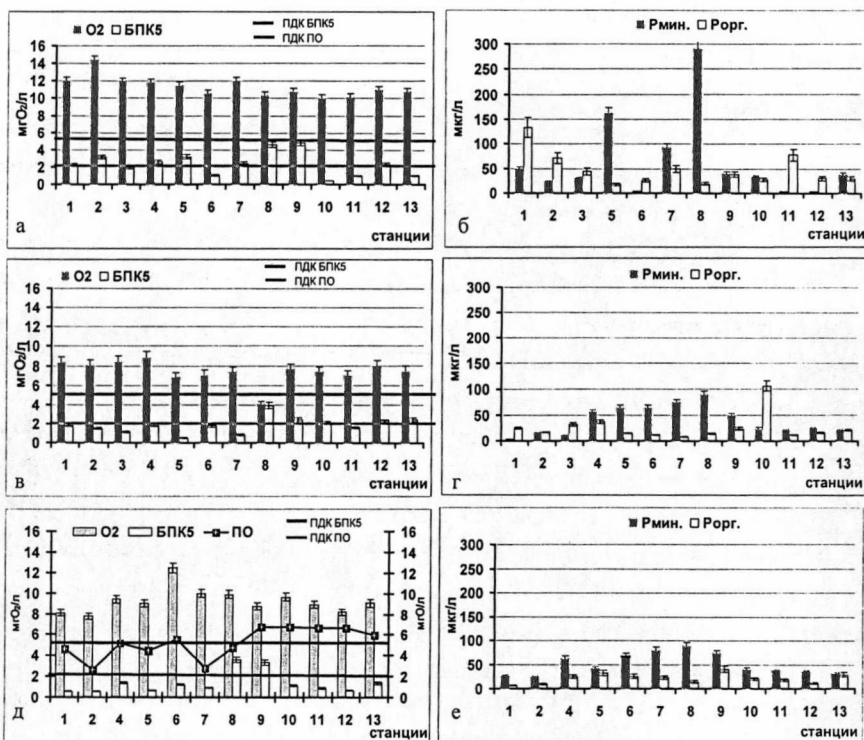


Рис. 12. Распределение химико-экологических показателей в поверхностных водах Амурского залива в различные сезоны в 2007 г (а, б - май, в, г - июль, д, е - октябрь).

Значения  $BPK_5$  в весенне-летний период были большими и превышали ПДК на большинстве станций. Осенью наблюдалось снижение данного показателя. Превышение ПДК отмечено только в предустье Первой и Второй речек. Перманганатная окисляемость поверхностных вод осенью изменялась в пределах от 2,64 до 6,74 мг О/л, превышая ПДК на 7 из 12 станций (рис. 12).

Максимальные содержания органических фосфатов регистрировали в весенний период, их уровень, как и количество минеральных фосфатов, снижался к июлю. Исключением являлось предустье Второй речки, где во все сезоны наблюдались максимально высокие значения любых форм фосфора. Воды этого района можно характеризовать как эвтрофные (рис. 12).

К октябрю содержание  $P_{орг.}$  снижалось, а содержание  $P_{мин.}$  нарастало, не достигая, однако, показателей весеннего периода.

Общая численность гетеротрофных бактерий на разных станциях в заливе значительно варьировала (рис. 12). Наибольшее количество гетеротрофов было отмечено в июле, и составило  $10^5$ - $10^6$  КОЕ/мл (мезосапробные воды) (Бойченко и др., 2008).

На всех станциях, исключая район мыса Песчаного, во все сезоны года регистрировали высокую численность БГКП, превышающую установленные санитарно-микробиологические нормативы (СанПин 2.1.5.980-00).

Вся акватория залива в той или иной степени подвержена фенольному загрязнению. Количество фенолрезистентных микроорганизмов достигало  $10^5$  кл/мл (рис. 13) (коммунально-бытовое, техногенное воздействие).

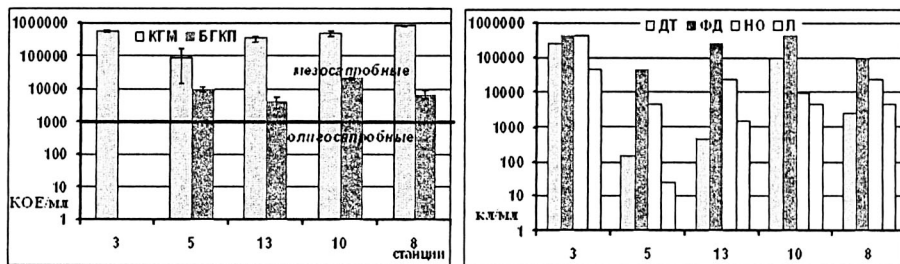


Рис. 13. Распределение численности эколого-трофических групп микроорганизмов в поверхностных водах Амурского залива (июль 2007 г.)

В составе микробной ассоциации морских микроорганизмов обнаружен высокий процент деструкторов дизельного топлива, нефти, что указывает на загрязнение морской воды нефтеуглеводородами.

Таким образом, комплексный химико-экологический и микробиологический анализ показал, что каждая из обследованных акваторий имеет свои специфические черты в отношении органического загрязнения, отличаясь степенью и его характером: Амурский залив, зал. Находка и приустьевая зона р. Туманной, находящиеся под воздействием активного антропогенного пресса, являются наиболее загрязнёнными акваториями и характеризуются смешанным типом загрязнения (техногенное, коммунально-бытовое). Для акваторий зал. Восток в большей степени характерно хозяйственно-бытовое загрязнение. Юго-западная часть зал. Петра Великого и б. Киевка являются наиболее чистыми из всех обследованных районов, которые локально подвержены биогенному загрязнению (районы марекультурного хозяйства, поля морских трав и водорослей).

#### Глава 4. Сравнительный анализ состояния среды изученных акваторий

Для сравнительного анализа акваторий были взяты средние значения химико-экологических и микробиологических показателей (рисунки 14 и 15).

Согласно микробиологическим характеристикам, наиболее загрязнённой является акватория **Амурского залива**, которая испытывает пресс двух больших городов Приморского края (Владивосток и Уссурийск) и является наиболее закрытой среди всех исследованных районов. Здесь фиксируются высокие показатели численности таких эколого-трофических групп, как нефтеокисляющие микроорганизмы, деструкторы дизельного топлива, БГКП, превосходящие на один или два порядка величин значения численности таковых в зал. Находка. **Залив Находка**, прибрежная часть которого находится в черте города, также существенно загрязнён, но в меньшей степени, чем Амурский. Значения численности КГМ, БПК<sub>5</sub> и перманганатной окисляемости характеризуют воды залива как грязные.

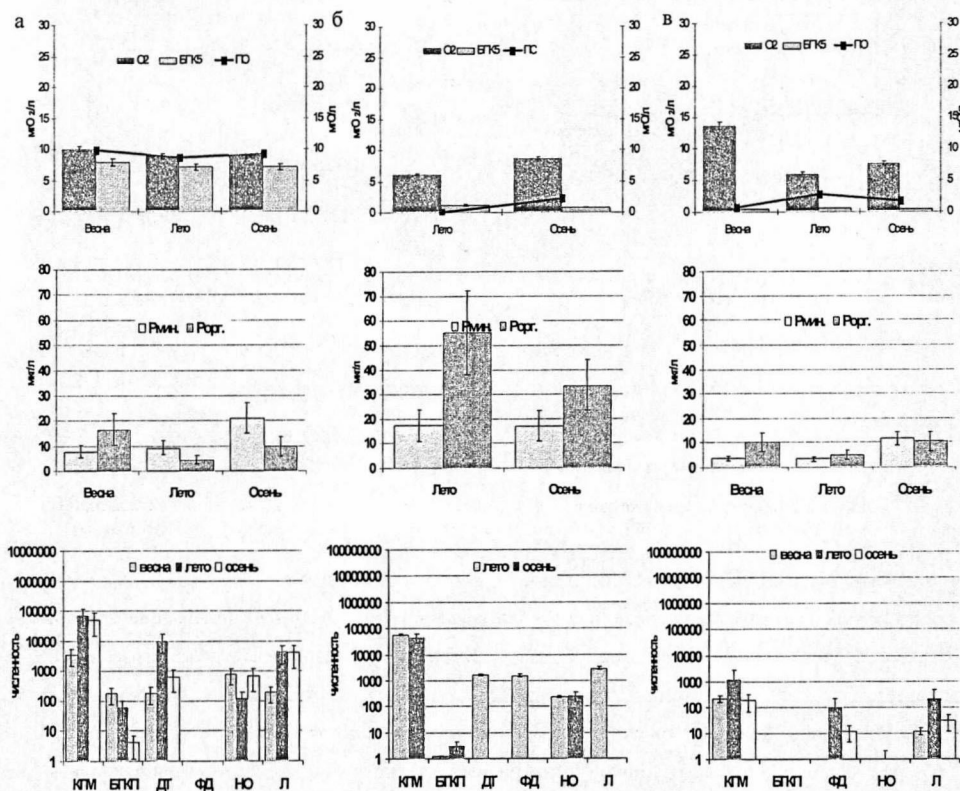


Рис. 14. Сравнительная характеристика экологического состояния поверхностных морских вод акваторий с минимальной антропогенной нагрузкой (а - залив Восток, б - юго-западная часть залива Петра Великого, в - бухта Киевка).

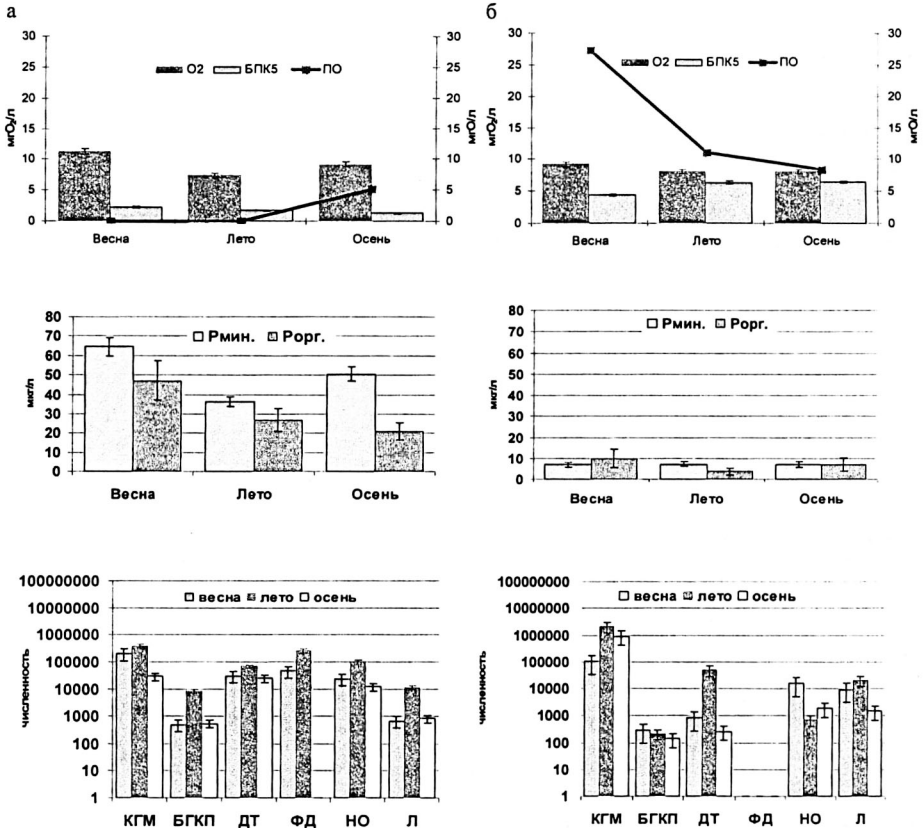


Рис. 15. Сравнительная характеристика экологического состояния поверхностных морских вод акваторий с интенсивной хозяйственно-бытовой и техногенной нагрузкой (а – Амурский залив, б – залив Находка).

Отдельно следует выделить экстремально высокие показатели численности экологотрофических групп микроорганизмов в водах **приустьевой зоны р. Туманной**, что, несомненно, связано с трансграничным переносом загрязняющих веществ с сопредельной территории КНР (рис. 16).

**Залив Восток**, долгое время считавшийся фоновой акваторией, таковой на сегодняшний день не является, и по чистоте вод занимает пограничное положение между сильно загрязнёнными и чистыми районами. Заметные изменения, происходящие в водной среде и биоте залива, связаны с ежегодным возрастанием рекреационной нагрузки в течение летнего периода, и как следствие этого, появление в воде большого количества энтеробактерий (Галышева, 2005; Галышева, Христофорова, 2007). Это подтверждается и данными (Христофорова и др., 2005) в отношении

изменения соотношения водорослей из разных отделов, а именно, нарастанием числа видов Chlorophyta и уменьшением разнообразия Phaeophyta и Rhodophyta.

Акватория залива характеризуется хозяйственно-бытовым загрязнением. Здесь выявлена самая высокая величина БПК<sub>5</sub>, а также высокая перманганатная окисляемость (вторая после зал. Находка) и численность БГКП.

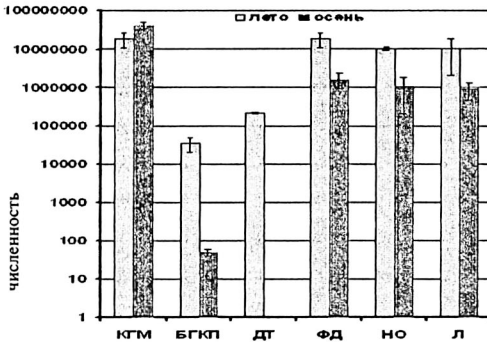


Рис. 16. Показатели численности микроорганизмов поверхностных морских вод приустьевой зоны р. Туманной

Среди слабозагрязнённых акваторий, по результатам комплексного анализа, юго-западную часть залива Петра Великого и б. Киевку можно отнести к чистым районам. Эколого-трофические группы, свидетельствующие о хозяйственно-бытовом и техногенном воздействии, обнаружены в минимальных количествах и имеют локальное распространение. Химико-экологические показатели не превышают нормы, микробиологические – самые низкие по сравнению с другими районами наблюдения.

При сравнительном анализе, в соответствии с установленной численностью эколого-трофических групп микроорганизмов, исследуемые районы можно расположить с следующий ряд по убыванию степени загрязнения: Амурский залив > зал. Находка > зал. Восток > юго-западная часть залива Петра Великого > б. Киевка.

### Изучение корреляционной связи между химико-экологическими и микробиологическими показателями

Уже при сравнительном анализе состояния акваторий были установлены связи между отдельными химико-экологическими и микробиологическими характеристиками вод. Для более строгого выявления связей проведён корреляционный анализ между этими показателями на примере двух наиболее контрастных по качеству вод акваторий – Амурского залива и б. Киевка.

**Бухта Киевка.** Согласно данным представленным на рис. 17, между выбранными параметрами имеется как прямая, так и обратная зависимость.



Все эколого-трофические группы микроорганизмов прямо связаны с температурой. Это означает, что с повышением температуры увеличивается численность микроорганизмов, разлагающих определённый субстрат. Наибольшая связь с температурой выявлена для фенолдеструкторов и энтеробактерий. Чем ближе температура приближалась к оптимуму существования энтеробактерий, что наблюдалось в основном в летнее время, тем больше возрастала их численность.

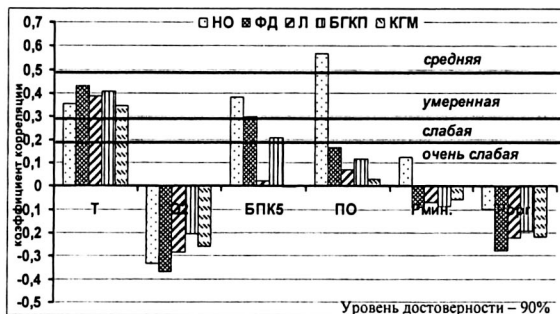


Рис. 17. Связь эколого-трофических групп микроорганизмов с химико-экологическими показателями

Связь с кислородом отрицательная, поскольку бактерии всех эколого-трофических групп являются аэробами и выявляются как деструкторы легкоокисляемой органики по величине БПК<sub>5</sub>, т.е. по биохимическому потреблению кислорода. Следовательно, рост их численности будет сопровождаться снижением уровня растворённого кислорода в воде.

Поскольку связь численности микроорганизмов всех эколого-трофических групп с  $P_{орг}$  отрицательная, можно считать, что в воде присутствует преимущественно постмортальная органика, которая трудно и медленно разлагается.

**Амурский залив.** Корреляционный анализ выявил достоверную связь между численностью гетеротрофов, липолитиков, деструкторов дизельного топлива и перманганатной окисляемостью. Как дизельное топливо, так и жиры являются трудноокисляемыми органическими веществами, требующими большего расхода перманганата для биохимического окисления. Как следствие наблюдается рост численности гетеротрофов – деструкторов этих веществ. Каждый из этих поллютантов имеет свой источник: загрязнение дизельным топливом происходит за счёт маломерного флота, жирами – за счёт сброса неочищенных хозяйственно-бытовых стоков, что подтверждается как данными литературы (Огородникова, 2001), так и нашими данными (Бойченко и др., 2009).

В Амурском заливе, как и в б. Киевка, также установлена отрицательная связь между содержанием растворённого кислорода с численностью микроорганизмов всех эколого-трофических групп (рис. 18). На уровне тенденции просматривается связь между БПК<sub>5</sub> и

бактериями всех трофических групп, свидетельствующая об использовании  $O_2$  бактериями на разложение легко окисляемых органических веществ.

Обратная связь с  $P_{мин.}$  свидетельствует о потреблении фосфатов бактериями всех эколого-трофических групп, отличающихся в Амурском заливе очень высокой численностью.

Средняя связь энтеробактерий и фенолдегидроксилизирующих бактерий с  $P_{орг.}$  свидетельствует о том, что среди фосфорсодержащих органических соединений преобладает не постморальная, а метаболитная органика, легко утилизируемая бактериями этих двух эколого-трофических групп.

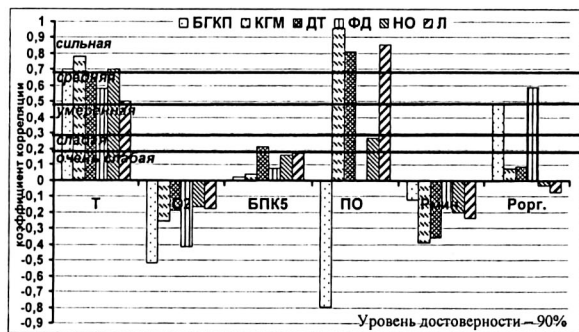


Рис. 18. Связь эколого-трофических групп микроорганизмов с химико-экологическими показателями

Таким образом, выявление корреляционных связей между химико-экологическими и микробиологическими характеристиками акваторий подтвердило взаимное дополнение двух подходов и выгодность комплексного изучения качества среды с использованием как гидрохимических показателей, так и численности бактерий эколого-трофических групп.

## ВЫВОДЫ

1. В соответствии с установленной численностью эколого-трофических групп микроорганизмов исследуемые акватории южного Приморья можно расположить с следующий ряд по степени убывания органического загрязнения: Амурский залив > зал. Находка > зал. Восток > юго-западная часть залива Петра Великого > б. Кевка.

2. На основании численности гетеротрофных микроорганизмов воды заливов Находка и Амурский, приустьевой зоны р. Туманной в отношении органического загрязнения можно отнести к категории мезо- и полисапробных, а юго-запад залива Петра Великого, зал Восток и б. Кевка к категории олиго- и мезосапробных.

3. Комплексный химико-экологический и микробиологический анализ показал, что каждая из обследованных акваторий отличается характером загрязнения: воды Амурского залива и залива Находка, а также приустьевой зоны р. Туманной характеризуются смешанным типом загрязнения (коммунально-бытовое и техногенное); органическое загрязнение вод залива Восток

обусловлено хозяйственно-бытовым воздействием; в водах юго-западной части залива Петра Великого и б. Киевка органическое загрязнение имеет в основном автохтонное происхождение.

4. Сравнительный анализ обследованных акваторий показал, что в целом фоновые районы являются чистыми. Однако, вследствие роста рекреационного пресса в летнее время, в отдельных участках акваторий б. Киевка и зал. Восток, возрастает и численность БГКП как показатель фекального загрязнения вод.

5. Возрастание численности эколого-трофических групп микроорганизмов в поверхностных водах южного Приморья на один - два порядка, произошедшее за несколько лет (юго-западная часть залива Петра Великого - 7 лет, Амурский залив - 11 лет, залив Восток - 3 года), свидетельствует о росте органического загрязнения акваторий.

6. Установлено, как грязные, так и чистые исследуемые акватории способны к самовосстановлению, что подтверждается снижением всех контролируемых показателей (микробиологические, химико-экологические) в осеннее время года.

7. Корреляционный анализ химико-экологических и микробиологических показателей выявил прямую связь численности бактерий всех эколого-трофических групп с температурой и обратную с кислородом. Для загрязнённых акваторий прослеживаются чёткие связи между численностью гетеротрофов, липолятиков, деструкторов дизельного топлива и перманганатной окисляемостью, свидетельствуя о поступлении в воду трудноокисляемой органики.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах

1. Бойченко Т.В., Христофорова Н.К., Бузолёва Л.С. Микробная индикация прибрежных вод вершинной части Амурского залива // Известия ТИНРО, 2009. Т. 158. С. 1-9.

Работы, опубликованные в материалах научных конференций и сборниках научных трудов

1. Бабич Т.В. Химико-микробиологическая оценка качества прибрежных вод от устья р. Туманная до южного участка Дальневосточного государственного морского заповедника // VII Региональная конференция по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии студентов, аспирантов, молодых преподавателей и сотрудников вузов и научных организаций Дальнего Востока России. Материалы конференции. 18-19 ноября 2004 г. Владивосток. Владивосток: ДВГУ, 2004. С.11-12.
2. Бабич Т.В., Бузолёва Л.С. Химико-микробиологическая оценка качества прибрежных вод залива Петра Великого с различным характером загрязнения // Материалы международной научно-практической конференции "Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий" Владивосток, 26-28 октября 2006 г. Владивосток: ДВГУ, 2006. С.11-13.

3. Бабич Т.В. Оценка качества прибрежных вод б. Киевка при помощи методов микробной индикации // Материалы 2-го Байкальского Микробиологического Симпозиума с международным участием "Микроорганизмы в экосистемах озёр, рек, водохранилищ", Иркутск, 10-15 сентября 2007 г. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2007. С. 15. (16 engl.).
4. Бабич Т.В. Оценка экологического состояния вод устья реки Туманной и южной части Дальневосточного государственного морского заповедника // Материалы второй международной микробиологической школы "Микробиологические методы в экологических исследованиях" МБС ДВГУ "Заповедное", 20-28 августа, 2004 г. Владивосток: ДВГУ, 2007. С.82-90.
5. Бабич Т.В. Микробная индикация как комплексный метод оценки состояния водной среды // Вторая Сахалинская молодёжная научная школа "Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз" Южно-Сахалинск 4-10 июня, 2007 г. Южно-Сахалинск: ИМГИГ ДВО РАН. С. 16-18.
6. Бойченко Т.В., Христофорова Н.К., Бузолева Л.С. Микробиологическая индикация загрязнения прибрежных вод Амурского залива // Мат. научно-практической конференции «Современное состояние водных биоресурсов», посвященной 70-летию С.М. Коновалова. Владивосток, 23-26 марта 2008 г. Владивосток: ТИНРО-Центр. С.438-442.

Бойченко Татьяна Валерьевна

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

**ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА  
МОРСКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ**

Уч. изд. л. 1,0  
Тираж 100 экз.

Формат 60 × 84/16  
Заказ № 389

---

Отпечатано в типографии ИПК МГУ им. адм. Г.И. Невельского  
690059 г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а